三种植物精油对家蝇成虫的熏蒸活性

张俊天[1]，熊国红[2]，何建国[2]，徐 颖[1]，魏丽秀[1]，彭映辉[1,*]

（1. 中南林业科技大学生命科学与技术学院，长沙 410004；2. 国家家用杀虫用品质量监督检验中心，湖南益阳 413000）

摘要：【目的】探究香樟 *Cinnamomum caphora* 果实精油、天竺桂 *Cinnamomum pedunculatum* 叶精油和龙柏 *Sabina chinensis* var. *chinensis* 叶精油对家蝇 *Musca domestica* 成虫的熏蒸活性，比较这3种植物精油以及混配精油对家蝇的毒力效果，为植物源灭蝇剂的开发提供理论依据。【方法】利用水蒸汽蒸馏法提取植物精油，采取三角瓶密闭熏蒸法测试植物精油及其混剂对家蝇5日龄成虫的熏蒸毒性和击倒作用。【结果】3种植物精油对家蝇的 LC_{50} 值（致死中浓）分别为5.28，16.86和14.54 μg/cm^3。LC_{90} 熏蒸剂量下，对家蝇的 KT_{50} 值（击倒中时）分别为12.03，16.56和13.37 min。天竺桂叶精油和龙柏叶精油混配后对家蝇有增效作用，二者的 LC_{50} 值配比为9∶1时，增效作用极为显著，共毒系数高达367.95。【结论】香樟果实精油对家蝇成虫有很好的熏杀和击倒作用，龙柏叶精油次之，天竺桂叶精油效果最差。天竺桂叶精油和龙柏叶精油混配后对其对家蝇成虫的熏蒸毒性有增效作用。3种植物精油具备开发环保灭蝇剂的潜力，可深入研究。

关键词：家蝇；植物精油；熏蒸毒性；混配；共毒系数；击倒作用；增效作用

中图分类号：Q965.9 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2016)06-0641-06

Fumigation activities of three essential oils against adult *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)

ZHANG Jun-Tian[1], XIONG Guo-Hong[2], HE Jian-Guo[2], XU Ying[1], WEI Li-Xiu[1], PENG Ying-Hui[1,*]

(1. College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2. National Household Insecticide Products Quality Supervision and Inspection Center, Yiyang, Hunan 413000, China)

Abstract: 【Aim】This research aims to evaluate the fumigation activities of the essential oils (EOs) from *Cinnamomum caphora* fruits, *Cinnamomum pedunculatum* leaves and *Sabina chinensis* var. *chinensis* leaves, and their mixtures against the adults of the housefly, *Musca domestica*, so as to provide theoretical basis for developing botanical insecticides. 【Methods】The fumigation and knock-down toxicities of these EOs extracted by steam distillation and their mixtures against the 5-day-old adults of *M. domestica* were detected with the erlenmeyer flask method. 【Results】The median lethal concentration (LC_{50}) values of the three EOs against *M. domestica* adults were 5.28, 16.86, and 14.54 μg/cm^3, respectively, and the median knock-down time (KT_{50}) values in the treatment of LC_{90} were 12.03, 16.56, and 13.37 min, respectively. The fumigation toxicity of EO from *C. pedunculatum* leaves against *M. domestica* adults showed strong synergistic effect when it was mixed with EO from *S. chinensis* var. *chinensis* leaves at the LC_{50} value ratio of 9∶1, with the co-toxicity coefficient (CTC) as high as 367.95. 【Conclusion】The EO from *C. caphora* fruits has strong fumigation and knock-down toxicities against *M. domestica* adults, followed by EO from *S. chinensis* var. *chinensis* leaves and then EO from *C. pedunculatum* leaves. Mixtures of EO from

---

基金项目：湖南省自然科学基金重点项目(12JJ2017)；湖南省教育厅高等学校科学研究重点项目(10A132)

作者简介：张俊天，男，1989年1月生，山西大同人，硕士，主要从事芳香植物资源开发利用，E-mail：690994328@qq.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: pengyh999@163.com

收稿日期 Received：2016-01-27；接受日期 Accepted：2016-05-17

C. pedunculatum leaves and *S. chinensis* var. *chinensis* leaves have synergistic effect on their fumigation toxicities against *M. domestica* adults. The three EOs have the potential to be developed as environmental insecticides.

Key words: *Musca domestica*; essential oil; fumigation toxicity; mixture; co-toxicity coefficient; knock-down toxicity; synergistic effect

家蝇 *Musca domestica* 是常见的环境卫生害虫。它携带大量的致病菌,如大肠杆菌 *Escherichia coli*、口腔纤毛菌 *Leptotrichia buccalis* 和结核分枝杆菌 *Mycobacterium tuberculosis* 等(贾海燕等, 2011),严重威胁人畜的身体健康。家蝇的防治以拟除虫菊酯类等化学合成杀虫剂为主,但家蝇对此类杀虫剂的抗性呈上升趋势。吕锡宏等(2015)测定了上海市松江区家蝇对 5 种杀虫剂的抗性,结果显示,家蝇对菊酯类杀虫剂的抗性系数均超过 20,最大值达到 60。

学者们研究发现,一些植物精油对家蝇有显著的生物活性。Kumar 等(2012a)使用辣薄荷 *Mentha piperita* 精油和留兰香 *Mentha citrata* 精油对家蝇幼虫进行了触杀和熏杀试验,两种精油对家蝇的触杀 LC_{50}值分别为 0.54 和 1.39 μL/cm^2,熏杀 LC_{50}值分别为 48.4 和 61.9 μL/L。研究表明,蓝桉 *Eucalyptus globulus* 精油对家蝇幼虫的触杀 LC_{50}值介于 0.60 ~ 2.73 μL/L,致死中时介于 1.7 ~ 6.0 d,熏杀 24 h 的 LC_{50}值为 66.1 μL/L,48 h 的 LC_{50}值为 50.1 μL/L(Kumar *et al.*, 2012b)。Kumar 等(2014)测试了几种精油单萜类化合物对成蝇的驱避活性,结果显示,95.6% 的薄荷醇(menthol)和 83.3% 的薄荷酮(menthone)对家蝇驱避效果最好。

家蝇对化学农药抗药性问题的凸显使得家蝇防治中植物源灭蝇剂的研究倍受重视,而研发植物源灭蝇剂的前提是探寻对家蝇具有熏蒸活性的植物资源。本研究组在樟科和柏科的诸多植物中筛选对家蝇具有熏蒸活性的精油,发现香樟 *Cinnamomum caphora* 果实精油、天竺桂 *Cinnamomum pedunculatum* 叶精油和龙柏 *Sabina chinensis* var. *chinensis* 叶精油对家蝇成虫具有熏蒸致死作用,且这 3 种植物资源十分丰富。因此,我们进一步测试了这 3 种植物精油对家蝇的熏蒸活性,并研究了其混配增效作用,为高效利用植物资源和研发植物源灭蝇剂提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 家蝇的养殖

家蝇实验室品系引种自国家家用杀虫用品质量监督检验中心,饲养环境及实验条件为相对湿度 70% ± 5%,温度 26 ± 2℃,光周期 14L: 10D(董存柱等, 2011)。

幼虫饲料配方:麦麸 250.0 g、面粉 12.5 g、奶粉 8.0 g、酵母粉 2.5 g、水 500 mL。成虫饲料:方糖、奶粉、水。

取家蝇幼虫饲料放入一次性塑料杯,饲料约占杯容积的 1/2,将塑料杯置于性成熟的家蝇成虫饲养笼内,24 h 后取出,将含有蝇卵的饲料倒入不锈钢幼虫饲养盒中孵化,塑料纱网封口。每天添加定量幼虫食物,喷洒适量水保持湿度,定时用汤匙翻动饲料。待幼虫成蛹后,将蛹挑入塑料杯(蛹埋于适量饲料,可提高羽化率),放入空蝇笼内,取羽化 5 d 的成虫供试。

1.2 精油的提取

采集新鲜的香樟果实、天竺桂叶和龙柏叶,实验材料均采自中南林业科技大学校园,时间为 2015 年 8 月,鉴定人喻勋林教授(中南林业科技大学林学院)。将植物材料清洗干净,取 200 g 置于 1 000 mL 圆底烧瓶中,加入 400 mL 去氯水,连接水蒸汽蒸馏装置,加热蒸馏 6 h。3 种精油的得率(油重/鲜重)分别为 0.78%, 0.52% 和 0.15%,精油密度依次为 0.936, 0.954 和 0.910 g/mL。所得精油用无水 Na_2SO_4 干燥,置于棕色试剂瓶中,冷藏于 4℃ 冰箱。

1.3 精油对家蝇的熏杀活性

采用三角瓶密闭熏蒸法(马玉花等, 2007)进行试验,试验条件同 1.1 节中饲养环境条件一致。取实际容积为 345 mL 的三角瓶,接入家蝇 15 头,白纱布封口,在纱布上开长 1.5 cm 左右的小口,取 1 cm × 10 cm 的滤纸条,在滤纸条底端滴加不同用量的精油,注意要让精油完全吸附在滤纸条上。精油用量呈一等比数列,介于家蝇 10% 致死量和 90% 致死量之间。将滤纸条迅速插入三角瓶,固定上端,保鲜膜封口。6 h 后检查记录试虫死亡数。每组重复试验 3 次,并设置不滴加精油的空白对照。采用 Abbott 公式(Abbott, 1925)进行死亡率校正:

死亡率(%) = 死亡虫数/总虫数 × 100;

校正死亡率 = (处理死亡率 - 对照死亡率)/(1 - 对照死亡率) × 100。

1.4 精油增效组合的初步筛选

采用共毒因子法（Mansour *et al.*，1966）判断 2 种精油混合后的相互作用，*c. f*（共毒因子 co-toxicity factor）> 20 时为增效作用，*c. f* < −20 时为拮抗作用，−20 ≤ *c. f* ≤ 20 时为相加作用。

共毒因子（*c. f*）=（混剂观察死亡率 − 混剂理论死亡率）/混剂理论死亡率 × 100；

混剂观察死亡率 = 按一定比例混配的剂量或浓度处理下供试虫的死亡率；

混剂理论死亡率 = 从各单剂的毒力回归线上直接查出或由单剂的回归方程计算出相应浓度的死亡率相加而成。

1.5 精油混配增效配比的确定及增效作用测定

参照张宗炳（1959）的方法筛选混剂的最佳配比，在此基础上系统测定各单剂及混剂的不同配比的毒力回归线。精油混剂对家蝇的熏蒸活性测定方法同 1.3 节，即采用三角瓶密闭熏蒸法测定。采用 Sun 和 Johnson（1960）的方法测定计算混配精油的共毒系数，若共毒系数明显高于 100（如 120 以上）则为增效作用，接近 100 为相加作用，明显低于 100（如 80 以下）为拮抗作用。

如果 A 是由 B 和 C 组成的混剂，则 A 的共毒系数 CTC 的计算如下：设定 B 为标准药剂，其毒力指数 TI 为 100。

C 的毒力指数（TI）=（B 的 LC_{50} 值/C 的 LC_{50} 值）× 100；

A 的实际毒力指数（ATI）=（B 的 LC_{50} 值/A 的 LC_{50} 值）× 100；

A 的理论毒力指数（TTI）= B 的 TI × B 在混剂 A 中的百分比 + C 的 TI × C 在混剂 A 中的百分比；

CTC =（A 的 ATI/A 的 TTI）× 100。

1.6 精油对家蝇成虫的熏蒸击倒作用

方法同 1.3 节进行精油对家蝇成虫的击倒作用，精油用量为各处理组的 LC_{90} 值，每隔 5 min 观察记录家蝇击倒数，当击倒率达到 90% 以上停止计时。如果 60 min 后击倒率仍未达到 90%，也停止计时。设 3 次重复试验，并设置不滴加精油的空白对照。

1.7 数据处理

采用 SPSS18.0 软件对数据进行分析，通过机率值法求出精油对家蝇的毒力回归方程，得到 LC_{50}、95% 置信区间、标准误差和判定系数，并在 $\alpha = 0.05$ 水平下进行卡方检验。

2 结果与分析

2.1 精油对家蝇成虫的熏杀活性

试验所选 3 种植物精油对家蝇都有一定的熏杀作用，试验过程中，家蝇聚集在三角瓶瓶口位置并四处爬动，然后跌落瓶底，呈现翻滚、高频振翅、口器伸缩、腹部肿胀等一系列中毒症状。表 1 为 3 种精油对家蝇 5 日龄成虫的熏蒸毒性，由表可知，香樟果实精油、天竺桂叶精油和龙柏叶精油对家蝇成虫的 LC_{50} 值分别为 5.28，16.86 和 14.54 μg/cm³。

表 1　3 种植物精油对家蝇 5 日龄成虫的熏蒸毒性

Table 1　Fumigation toxicity of three essential oils against the 5-day-old adults of *Musca domestica*

植物精油 Essential oil	毒力回归方程 Regression equation	LC_{50} 值 LC_{50} value (μg/cm³)	95% 置信区间 95% Confidence limit (μg/cm³)	标准误 *SE* Standard error	卡方值 χ^2 Chi-square value	判定系数 R^2 Coefficient of determination
CcEO	$y = 3.424x - 2.475$	5.28	3.47 − 7.99	0.79	0.10	0.996
CpEO	$y = 3.111x - 3.817$	16.86	11.11 − 28.77	0.76	0.46	0.974
ScEO	$y = 2.855x - 3.319$	14.54	9.27 − 25.40	0.72	0.45	0.980

CcEO：香樟果实精油 Essential oil from *Cinnamomum caphora* fruits；CpEO：天竺桂叶精油 Essential oil from *Cinnamomum pedunculatum* leaves；ScEO：龙柏叶精油 Essential oil from *Sabina chinensis* var. *chinensis* leaves. 下同 The same below.

2.2 精油增效组合的初步筛选

采用 Mansour 等（1966）的共毒因子法测试了 3 种植物精油两两混配后的相互作用，结果见表 2。可以看出，香樟和天竺桂精油混配组合以及龙柏和香樟精油混配组合对家蝇成虫的熏蒸毒性都表现为相加作用，天竺桂和龙柏精油混配组合为增效作用。

表 2　混配精油的共毒因子（*c. f*）值测定

Table 2　The co-toxicity factor value of mixed essential oils

混配精油 Mixed essential oils	质量配比 Mass ratio	观察死亡率（%） Actual mortality	理论死亡率（%） Theoretical mortality	共毒因子 *c. f* Co-toxicity factor value
CcEO + CpEO	1∶1	51.6	50.3	2.5
CpEO + ScEO	1∶1	70.0	48.9	43.2
ScEO + CcEO	1∶1	55.5	54.5	1.8

2.3 混配精油增效配比的确定及增效作用测定

参照张宗炳(1959)的方法确定增效组合天竺桂和龙柏精油混剂的最佳配比,结果见表3。可以看出,当天竺桂叶精油和龙柏叶精油按 LC_{50} 剂量比为9∶1混配后,对家蝇成虫的熏蒸毒性比率最大,为1.63,其次为8∶2 混配时的1.53 和7∶3 混配时的1.51。

表3 天竺桂叶精油和龙柏叶精油混剂对家蝇5日龄成虫的熏蒸毒性

Table 3 Fumigation toxicity of essential oil from *Cinnamomum pedunculatum* leaves mixed with that from *Sabina chinensis* var. *chinensis* leaves against the 5-day-old adults of *Musca domestica*

LC_{50} 剂量 LC_{50} value (%)		实测死亡率(%) Actual mortality	理论死亡率(%) Theoretical mortality	毒性比率 Toxicity ratio
CpEO	ScEO			
100	0	55.6	55.6	1.00
90	10	88.9	54.7	1.63
80	20	82.2	53.8	1.53
70	30	80.0	52.9	1.51
60	40	55.6	52.0	1.07
50	50	57.8	51.2	1.13
40	60	51.1	50.2	1.02
30	70	53.3	49.4	1.08
20	80	51.1	48.5	1.05
10	90	57.8	47.6	1.21
0	100	46.7	46.7	1.00

2.4 天竺桂和龙柏精油混剂对家蝇的熏蒸毒性

测试最佳配比(9∶1)下的天竺桂和龙柏精油混剂对家蝇的熏蒸毒性,结果见表4。由表4 可以看出,当天竺桂和龙柏精油以 LC_{50} 值配比为9∶1 混配后,混配精油对家蝇成虫的 LC_{50} 值为4.51 μg/cm³,远远低于两种精油单剂的 LC_{50} 值(表1),此时的共毒系数高达367.95。

表4 天竺桂叶精油和龙柏叶精油混剂对家蝇5日龄成虫的熏蒸活性

Table 4 Fumigation toxicity of essential oil from *Cinnamomum pedunculatum* leaves mixed with that from *Sabina chinensis* var. *chinensis* leaves against the 5-day-old adults of *Musca domestica*

植物精油 Essential oil	LC_{50} 值配比 LC_{50} value ratio	毒力回归方程 Regression equation	LC_{50} 值 LC_{50} value (μg/cm³)	95%置信区间 95% Confidence limit (μg/cm³)	标准误 *SE* Standard error	卡方值 χ^2 Chi-square value	共毒系数 Co-toxicity coefficient	判定系数 R^2 Coefficient of determination
CpEO + ScEO	9∶1	$y = 3.311x - 2.166$	4.51	2.96 - 6.99	0.77	0.24	367.95	0.988

2.5 精油及增效组合对家蝇的击倒作用

以精油单剂以及最佳配比下,天竺桂龙柏精油混配组合的熏蒸 LC_{90} 剂量对家蝇成虫进行击倒试验,结果见表5。由表5 可以看出,各组精油对家蝇成虫的 KT_{50} 值介于9.27 ~16.56 min,显示出了较好的击倒效果。其中,混配组合的 KT_{50} 值要略低于精油单剂的 KT_{50} 值。

表5 几种精油及其混剂对家蝇5日龄成虫的击倒作用

Table 5 Knock-down toxicity of several plant essential oils and their mixtures against the 5-day-old adults of *Musca domestica*

植物精油 Essential oil	LC_{50} 值配比 LC_{50} value ratio	毒力回归方程 Regression equation	KT_{50} 值 KT_{50} value (min)	95%置信区间 95% Confidence limit (min)	标准误 *SE* Standard error	卡方值 χ^2 Chi-square value	判定系数 R^2 Coefficient of determination
CcEO	-	$y = 5.565x - 6.011$	12.03	8.89 - 15.15	1.36	2.07	0.914
CpEO	-	$y = 4.870x - 5.937$	16.56	12.70 - 20.58	1.06	1.30	0.941
ScEO	-	$y = 5.814x - 6.548$	13.37	10.21 - 16.41	1.26	1.47	0.943
CpEO + ScEO	9∶1	$y = 4.275x - 4.134$	9.27	5.65 - 12.33	1.16	1.85	0.884

3 讨论

近年来,国内外报道了大量关于植物源杀虫剂的研究,国内以植物精油对蚊虫的生物活性研究居多(马卫宾等, 2013；付臣臣等, 2013；曾冬琴等, 2014)。Rossi 等(2012)研究了 *Mintostachys verticillata* 精油对家蝇的熏杀活性,LC_{50} 值为 0.5 mg/dm^3,即 0.5 μg/cm^3。在甜橙 *Citrus sinensis* 精油对家蝇的熏蒸试验中,精油对成蝇的 LC_{50} 值为 3.9 mg/dm^3,即 3.9 μg/cm^3(Rossi and Palacios, 2013)。Rossi 和 Palacios(2015)报道了银叶桉 *Eucalyptus cinerea* 精油和 1,8-桉叶素(1,8-cineole)对家蝇的毒杀作用,银叶桉精油对家蝇成虫的 LC_{50} 值为 5.5 mg/dm^3,即 5.5 μg/cm^3。1,8-桉叶素对家蝇的 LC_{50} 值为 3.3 mg/dm^3,即 3.3 μg/cm^3。李琳等(2015)研究了松油烯-4-醇(terpinen-4-ol)光学异构体及外消旋体对家蝇的杀虫活性,结果表明,外消旋体、右旋异构体和左旋异构体对家蝇成虫的 LC_{50} 值分别为 2.5, 2.9 和 3.7 μL/L,即 2.32, 2.69 和 3.44 μg/cm^3(松油烯-4-醇的密度为 0.929 g/cm^3),在 LC_{90} 剂量下的 KT_{50} 值分别为 12.6, 16.7 和 18.9 min。

上述文献中的精油或精油成分对家蝇成虫的 LC_{50} 值介于 0.5 ~ 5.5 μg/cm^3,KT_{50} 值在 12.6 ~ 18.9 min 之间。本研究中香樟果实精油对成蝇的 LC_{50} 值为 5.28 μg/cm^3,KT_{50} 值为 12.03 min,毒力效果接近这些学者的研究。天竺桂叶精油和龙柏精油的 LC_{50} 值分别为 16.86 和 14.54 μg/cm^3,KT_{50} 值为 16.56 和 13.37 min,毒力效果稍逊。但是二者混配有增效作用。当天竺桂和龙柏精油按 LC_{50} 值配比 9∶1 混配时,其对家蝇成虫的 LC_{50} 值为 4.51 μg/cm^3,KT_{50} 值为 9.27 min,试验数据表明所选植物精油可用于研发植物源灭蝇剂。这 3 种植物资源丰富,且含多种杀虫活性物质。香樟是一种重要的经济作物,广布于我国长江以南各地,顾静文等(1990)测定了香樟果实精油的化学成分,发现其中含有丰富的樟脑(bornan-2-one)、黄樟油素(safrole)、甲基丁香酚(methyleugenol)、桉叶油素(cineole)等活性成分。开发利用香樟果实,既能消除其成熟脱落后对环境卫生的影响,又能缓解樟树资源的过度消耗。天竺桂为南方各省常见的绿化林带,蔡建秀等(2006)从天竺桂挥发油中分离出 27 种化学成分,其中冰片(borneol)为主要成分,含量为 26.03%。龙柏为绿化广泛使用的树种,我国各地广为栽培,郝德君等(2008)测得龙柏精油的主要成分为 α-雪松醇(α-cedrol)、罗汉柏烯(thujopsene)、α-蒎烯(α-pinene)、γ-木罗烯(muurolene)和柠檬烯(cinene)。

在今后的研究工作中,我们将测定香樟果实精油的单体活性成分对家蝇的生物作用,以期确定主要活性物质。探究天竺桂和龙柏精油混配后其对家蝇成虫的熏蒸活性明显增强的机理,进一步为绿色环保灭蝇剂的开发提供理论依据。

参考文献(References)

Abbott WS, 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18: 265 – 267.

Cai JX, You ZQ, Huang XD, Wu ZS, 2006. Bioactive essential oils from *Cinnamomum japonicum* Sieb. *J. Trop. Subtrop. Bot.*, 14(5): 403 – 408. [蔡建秀, 尤祖卿, 黄晓冬, 吴政声, 2006. 天竺桂挥发油化学成分及抑菌活性研究. 热带亚热带植物学报, 14(5): 403 – 408]

Dong CZ, Wu QZ, Xu HH, Xie CL, Wang R, 2011. Insecticidal activity of the extracts from 40 species of plants in Hainan Island against *Musca domestica* Linaeus. *Acta Agric. Univ. Jiangxiensis*, 33(3): 476 – 481. [董存柱, 吴清照, 徐汉虹, 谢超良, 王瑞, 2011. 海南 40 种植物甲醇提取物对家蝇的活性筛选. 江西农业大学学报, 33(3): 476 – 481]

Fu CC, Wan T, Jiang ZL, Wu H, Feng JT, Ma ZQ, Zhang X, 2013. Fumigation activity of 41 essential oils against *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). *Acta Entomol. Sin.*, 56(7): 779 – 785. [付臣臣, 万涛, 江志利, 吴华, 冯俊涛, 马志卿, 张兴, 2013. 41 种植物精油对淡色库蚊的熏蒸活性. 昆虫学报, 56(7): 779 – 785]

Gu JW, Liu LD, Zhang YS, 1990. Studies on the essential oils from the fruits of three types *Cinnamomum caphora* (L.) Presl. *Jiangxi Sci.*, 8(2): 22 – 28. [顾静文, 刘力鼎, 张伊莎, 1990. 三种类型樟树果实的精油. 江西科学, 8(2): 22 – 28]

Hao DJ, Wang Y, Ma FL, 2008. Compounds in the essential oil from branches of *Sabina chinensis* and their effects on *Semanotus bifasciatus*. *Nat. Prod. Res. Dev.*, 20: 600 – 603. [郝德君, 王焱, 马凤林, 2008. 龙柏挥发油的化学成分及其对双条杉天牛生物活性研究. 天然产物研究与开发, 20: 600 – 603]

Jia HY, Liu XK, Miao Y, Xia DL, Pang TL, Yu TQ, Yang K, 2011. Primary study on the bacteria of overwintering housefly (*Musca domestica*) in kitchen. *J. Beijing Agric. Coll.*, 26(1): 13 – 15, 41. [贾海燕, 刘小可, 苗元, 夏冬亮, 胖铁良, 于同泉, 杨凯, 2011. 食堂越冬家蝇体表携带细菌的初步研究. 北京农学院学报, 26(1): 13 – 15, 41]

Kumar P, Mishra S, Malik A, Satya S, 2012a. Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). *Acta Trop.*, 122(2): 212 – 218.

Kumar P, Mishra S, Malik A, Satya S, 2012b. Efficacy of *Mentha* ×

piperita and *Mentha citrata* essential oils against housefly, *Musca domestica* L. *Ind. Crops Prod.*, 39: 106 – 112.

Kumar P, Mishra S, Malik A, Satya S, 2014. Biocontrol potential of essential oil monoterpenes against housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 100: 1 – 6.

Li L, Qiong X, Ma SJ, Ma ZQ, Zhang X, 2015. Comparison of the insecticidal activities of terpinen-4-ol optical isomers and racemate against the housefly, *Musca domestica*. *Acta Entomol. Sin.*, 58(7): 761 – 766. [李琳, 熊鑫, 马树杰, 马志卿, 张兴, 2015. 松油烯-4-醇光学异构体及外消旋体对家蝇的杀虫活性比较. 昆虫学报, 58(7): 761 – 766]

Lv XH, Fei SJ, Xu HG, Xia WX, 2015. Resistance determination and analysis of *Musca domestica* against 5 kinds of insecticides in Songjiang district of Shanghai city. *J. Med. Pest Control*, 31(4): 365. [吕锡宏, 费胜军, 许海根, 夏维歆, 2015. 上海市松江区家蝇对 5 种杀虫剂的抗性测定及分析. 医学动物防制, 31(4): 365]

Ma WB, Feng JT, Ma ZQ, Jiang ZL, Zhang X, 2013. Biological activities of wintergreen oil and cinnamon oil against *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). *Acta Entomol. Sin.*, 56(12): 1391 – 1396. [马卫宾, 冯俊涛, 马志卿, 江志利, 张兴, 2013. 冬青油与肉桂油对淡色库蚊的生物活性. 昆虫学报, 56(12): 1391 – 1396]

Ma YH, Zhao Z, Jiang ZL, Wei LP, Zhang X, 2007. The fumigating activity of bitter almond oil for insects. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 27(9): 1879 – 1883. [马玉花, 赵忠, 江志利, 魏丽萍, 张兴, 2007. 苦杏仁精油的熏蒸杀虫活性研究. 西北植物学报, 27(9): 1879 – 1883]

Mansour NA, Eldefrawi ME, Toppozada A, Zeid M, 1966. Toxicological studies on the egyptian cotton leaf worm, *Prodenia litura*. VI. Potentiation and antagonism of organophosphorus and carbamate insecticides. *J. Econ. Entomol.*, 59(2): 307 – 311.

Rossi YE, Canavoso L, Palacios SM, 2012. Molecular response of *Musca domestica* L. to *Mintostachys verticillata* essential oil, (4*R*)(+)-pulegone and menthone. *Fitoterapia*, 83(2): 336 – 342.

Rossi YE, Palacios SM, 2013. Fumigant toxicity of *Citrus sinensis* essential oil on *Musca domestica* L. adults in the absence and presence of a P450 inhibitor. *Acta Trop.*, 127(1): 33 – 37.

Rossi YE, Palacios SM, 2015. Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1,8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. *Ind. Crops Prod.*, 63: 133 – 137.

Sun YP, Johnson ER, 1960. Analysis of joint action of insecticides against house flies. *J. Econ. Entomol.*, 53: 887 – 926.

Zeng DQ, Peng YH, Chen FF, Zhang Y, Liu M, 2014. Insecticidal activity of essential oil derived from horseweed *Conyza canadensis* (L.) Cronq. against two mosquitoes and its volatile components. *Acta Entomol. Sin.*, 57(2): 204 – 211. [曾冬琴, 彭映辉, 陈飞飞, 张云, 刘敏, 2014. 小蓬草精油对两种蚊虫的毒杀活性和成分分析. 昆虫学报, 57(2): 204 – 211]

Zhang ZB, 1959. Toxicity Measurement of Insecticides. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai. 1 – 61. [张宗炳, 1959. 杀虫药剂的毒力测定. 上海: 上海科学技术出版社. 1 – 61]

(责任编辑: 赵利辉)